

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS DOIS VIZINHOS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

DIOGO NICARETTA ZANELLA

**COMPARAÇÃO ENTRE EXTENSÔMETRO E PAQUÍMETRO PARA
DETERMINAÇÃO DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO EM ÁRVORES EM PÉ DE
Eucalyptus tereticornis Smith**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS – PR
2021

DIOGO NICARETTA ZANELLA

**COMPARAÇÃO ENTRE EXTENSÔMETRO E PAQUÍMETRO PARA
DETERMINAÇÃO DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO EM ÁRVORES EM PÉ DE
Eucalyptus tereticornis Smith**

Trabalho de Conclusão de Curso, do curso de Engenharia Florestal, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Aurélio Mathias de Souza

Co-orientador: Prof. Dr. Andre Luiz de Lima Ponzoni

DOIS VIZINHOS – PR

2021



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Dois Vizinhos

Curso de Engenharia Florestal



TERMO DE APROVAÇÃO

COMPARAÇÃO ENTRE EXTENSÔMETRO E PAQUÍMETRO PARA
DETERMINAÇÃO DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO EM ÁRVORES EM PÉ DE
Eucalyptus tereticornis Smith

por

DIOGO NICARETTA ZANELLA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 30 de abril de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Marcos Aurélio Mathias de Souza
Orientador(a)

Prof. Dr. André Luiz de Lima Ponzoni
Co-orientador(a) (UTFPR)

Msc. Ana Carolina Ricardi
Engenheira Florestal

Prof^a. Dr^a. Flavia Alves Pereira
Membro titular (UTFPR)

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por ter conseguido chegar até aqui, nesta fase tão importante e sonhada, a conclusão de meu curso e deste trabalho de conclusão de curso.

Agradecer ao meu orientador Professor Dr. Marcos Aurélio Mathias de Souza, por toda a orientação, paciência, compreensão e parceria.

A professora Dr^a Flavia Alves Pereira e ao professor Dr. André Luiz de Lima Ponzoni, por todo o ensinamento que me proporcionaram.

Agradecer a minha mãe Tânia Mara Nicaretta por não me deixar desistir deste sonho em me tornar Engenheiro Florestal, sempre me incentivando em tudo.

A minha amiga Ariane Sommer Rebolho, por todo o apoio e que de alguma forma me ajudou neste trabalho.

Sou muito grato por tudo!

RESUMO

ZANELLA, Diogo Nicaretta. **Comparação entre extensômetro e paquímetro para determinação das tensões de crescimento em árvores em pé de *Eucalyptus tereticornis* Smith.** 2021. 40f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2021.

O gênero *Eucalyptus* sp, sofre muito com as tensões de crescimento geradas em sua madeira, todavia estas estão em equilíbrio, porém, quando as árvores são abatidas tais tensões são liberadas ocasionando defeitos que diminuem seu uso, como rachaduras, empenamentos e cerne quebradiço. As tensões de crescimento tem origem na região do câmbio, após a consecutiva deposição de novas camadas de células durante o crescimento da planta. O objetivo deste trabalho foi medir as deformações residuais longitudinais, geradas pelas tensões de crescimento com o aparelho Extensômetro (CIRAD Fôret), bem como medir as mesmas com o paquímetro. O estudo foi realizado em um plantio de *Eucalyptus* spp. na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no município de Dois Vizinhos-PR, foram estudadas 3 árvores com diâmetros 26,41 cm, 25,46 cm e 22,28 cm, respectivamente para as árvores 1, 2 e 3, todas com idade entorno de 17 anos, sendo as medições de deformação residual longitudinal realizadas nas árvores em pé. Através dos resultados obtidos nesse trabalho foi observado que o extensômetro é um aparelho confiável para obtenção da deformação residual longitudinal, de fácil manuseio e apresenta valores precisos se comparado com o paquímetro, o qual não apresentou valores confiáveis.

Palavras-chave: Tensões de crescimento; Gênero *Eucalyptus*; Aparelho Extensômetro (CIRAD Fôret);

ABSTRACT

ZANELLA, Diogo Nicaretta. **Comparison between extensometer and pachymeter to determine growth stresses in standing trees of *Eucalyptus tereticornis* Smith.** 2021. 40f. Course Completion Work (Graduation in Forest Engineering) – Federal Technological University of Paraná. Dois Vizinhos, 2021.

The genus *Eucalyptus* sp, suffers a lot from the growth stresses generated in its wood, however these are in balance, however, when the trees are felled, such stresses are released causing defects that decrease their use, such as cracks, warping and brittle heartwood. The growth stresses originate in the exchange region, after the consecutive deposition of new layers of cells during the growth of the plant. The objective of this work was to measure the longitudinal residual deformations, generated by the growth stresses with the Extensometer device (CIRAD Fôret), as well as to measure them with the caliper. The study was carried out in a plantation of *Eucalyptus* spp. at the Federal Technological University of Paraná, in the municipality of Dois Vizinhos-PR, 3 trees with diameters of 26.41 cm, 25.46 cm and 22.28 cm were studied, respectively for trees 1, 2 and 3, all with surrounding age of 17 years, with the measurements of longitudinal residual strain performed on standing trees. Through the results obtained in this work it was observed that the extensometer is a reliable device for obtaining longitudinal residual deformation, easy to handle and presents precise values when compared to the caliper, which did not present reliable values.

Keywords: Growth stress; *Eucalyptus* genus; Extensometer apparatus (CIRAD Fôret);

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Foto de árvores de <i>Eucalyptus tereticornis</i> Smith	20
Figura 2 – Localização do município de Dois Vizinhos, no mapa do Estado do Paraná.....	21
Figura 3 - Equipamentos utilizados para aferição da deformação residual longitudinal das árvores selecionadas.....	22
Figura 4 - Gabarito e os pregos já fixados que auxiliaram na fixação do aparelho extensômetro nas árvores.	23
Figura 5 - Aparelho e coleta das deformações residuais longitudinais.....	24
Figura 6 - Duas alturas que foram coletados os dados das deformações residuais longitudinais.	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores obtidos por meio da medição de deformação residual longitudinal (DRL - mm), nas orientações norte, sul, leste e oeste, com a média, desvio padrão e coeficiente de variação nas três árvores de <i>Eucalyptus tereticornis</i> Smith. Avaliadas nas alturas de 80 e 160 centímetros medidas com auxílio de paquímetro.....	27
Tabela 2 – Valores obtidos por meio da medição da deformação residual longitudinal (mm), nas orientações norte, sul, leste e oeste, com a média, desvio padrão e coeficiente de variação nas três árvores de <i>Eucalyptus tereticornis</i> Smith. Avaliadas nas alturas de 80 e 160 centímetros medidas com auxílio de extensômetro	28
Tabela 3 – Valores obtidos por meio da medição da tensão de crescimento longitudinal (TCL - kgf cm ⁻²), nas orientações norte, sul, leste e oeste, com a média, desvio padrão e coeficiente de variação nas três árvores de <i>Eucalyptus tereticornis</i> Smith. Avaliadas nas alturas de 80 e 160 centímetros medidas com auxílio de paquímetro.	29
Tabela 4 – Valores obtidos por meio da medição da tensão de crescimento longitudinal (TCL - kgf cm ⁻²), nas orientações norte, sul, leste e oeste, com a média, desvio padrão e coeficiente de variação nas três árvores de <i>Eucalyptus tereticornis</i> Smith. Avaliadas nas alturas de 80 e 160 centímetros medidas com auxílio de extensômetro.....	30
Tabela 5 – Análise de variância para a variável tensão de crescimento longitudinal (TCL - kgf cm ⁻²) nas três árvores de <i>Eucalyptus tereticornis</i> Smith. Avaliada na altura de 80 centímetros.....	31
Tabela 6 – Análise de variância para a variável tensão de crescimento longitudinal (TCL - kgf cm ⁻²) nas três árvores de <i>Eucalyptus tereticornis</i> Smith. avaliada na altura de 160 centímetros.....	31
Tabela 7 – Tensão de crescimento longitudinal (TCL - kgf cm ⁻²) nas três árvores de <i>Eucalyptus tereticornis</i> Smith. Avaliadas nas alturas de 80 e 160 centímetros medidas com auxílio de paquímetro e extensômetro.	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo geral	12
2.2 Objetivos específicos	12
3. REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1 Gênero Eucalyptus	13
3.2 Caracterização da espécie em estudo: <i>Eucalyptus tereticornis</i> Smith.....	14
3.3 Tensões de crescimento	15
3.4 Origens das tensões de crescimento.....	16
3.5 Consequências das tensões de crescimento.....	17
3.5.1 Cerne quebradiço.....	17
3.5.2 Rachaduras de extremidades de toras.....	18
3.5.3 Empenamento	18
3.6 Métodos para medir as tensões de crescimento “extensômetro (CIRAD Fôret)” e paquímetro.....	19
4. MATERIAS E MÉTODOS.....	20
4.1 Descrição da área de estudo.....	20
4.2 Obtenção dos dados de Deformação Residual Longitudinal (DRL).....	21
4.4 Análise estatística.....	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
5.1 Deformação residual longitudinal (DRL).....	27
5.6 Tensão de crescimento longitudinal	29
6. CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1. INTRODUÇÃO

A madeira é a matéria mais utilizada para diversos fins, basta olhar em qualquer ambiente para localizarmos algum objeto de madeira e analisar o quão importante ela é para nossa vida.

Um exemplo de madeira muito importante é o eucalipto, pois, são muito utilizados em plantios comerciais, em diferentes locais do mundo, devido à capacidade produtiva, adaptabilidade a diversos ambientes, sobretudo a grande diversidade de espécies existentes, tornando possível atender requisitos dos mais diversos segmentos florestais.

Por possuir características que suprem as necessidades do setor florestal, o eucalipto vem conquistando o mercado brasileiro, sendo vastamente utilizado, devido ao rápido crescimento, boa adaptação ecológica e qualidade satisfatória da madeira, sendo uma opção de matéria-prima para indústrias madeireiras. Porém sua utilização para serraria não é muito significativa no Brasil, devido à relativa disponibilidade de espécies nativas, ou até mesmo pela falta de informação técnica sobre sua madeira (CRESPO et al., 2001).

Todavia existem dificuldades na utilização de sua madeira, decorrentes das tensões de crescimento, pois estas características as árvores possuem, em função de esforços a que o tronco é submetido para manter a árvore em pé, equilibrar o peso da copa, resistir à força dos ventos, dentre outros fatores que a árvore é exposta, na busca de garantir a estabilidade e sobrevivência (TRUGILHO et al., 2002).

Atualmente podemos medir essas tensões de crescimento com auxílio de aparelhos e até mesmo com o paquímetro, podendo ser utilizado por qualquer pessoa que deseja obter essas medidas, pois este não exige muitas técnicas para operá-lo não sendo necessário investir em aparelhos caros.

O eucalipto possui algumas características indesejáveis que são as rachaduras, empenamentos, difícil secagem entre outras, porém muitas delas também ocorrem nas madeiras de árvores tropicais (MALAN, 1995).

Desta forma, cada vez mais se vem buscando conhecimento técnico na área da tecnologia da madeira, pois o Eucalipto vem sendo amplamente utilizado, com grandes êxitos em outros países, como Austrália e África do Sul.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Determinar as tensões de crescimento, ocorridas em *Eucalyptus tereticorns Smith*.

2.2 Objetivos específicos

- Comparar os resultados de tensões de crescimento, obtidos com o aparelho Extensômetro (CIRAD Fôret) e com o paquímetro;
- Comparar os resultados obtidos com outros estudos já realizados;
- Avaliar a deformação residual longitudinal (DRL) na árvore em pé de *Eucalyptus tereticorns Smith*.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Gênero *Eucalyptus*

O gênero *Eucalyptus*, pertence à família Myrtaceae, sendo nativo da Austrália, onde de maneira natural ocorre em todo o país, formando densos maciços florestais. Existem mais de 650 espécies identificadas, além de uma grande variedade de híbridos (PIGATO; LOPES, 2001).

A descoberta do eucalipto foi feita na Austrália, em 1788 pelos ingleses. E a disseminação de suas sementes pelo mundo começou no início do século XIX. Chile foi o primeiro país a introduzir o eucalipto na América do Sul em 1823, seguido de Argentina e Uruguai. No Brasil as primeiras mudas chegaram em 1868, porém a introdução do gênero tomou impulso no início do século XX (KAZMIERCZAK, 2012).

O eucalipto possui grande capacidade de adaptação, apresentando rápido crescimento, elevado produtividade e uma grande diversidade de espécies. Tem grande importância na economia do país, devido sua utilização em diversos processos e aplicado em diferentes finalidades, como para produção de carvão vegetal, serraria, celulose e papel, movelaria, compensados e óleos essenciais. Devido sua ótima capacidade de adaptação e o rápido crescimento, as espécies do gênero *Eucalyptus* são as mais utilizadas para o estabelecimento de plantações tanto em regiões tropicais quanto subtropicais (GRATTAPAGLIA; SEDEROFF, 1994).

No Brasil as espécies do gênero apresentam grande produtividade volumétrica e reduzida idade de corte, possibilitando um custo competitivo da madeira, além da obtenção de multiprodutos da madeira. No entanto, quando se trata de usos não convencionais, como indústrias moveleiras e alguns setores da construção civil, esquadrias, molduras, assoalhos e revestimentos a madeira de eucalipto ainda é um desafio, em virtude da pequena quantidade de estudos nas áreas em questão (SILVA et al., 2015).

De acordo com a Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF, 2013), às áreas de cultivo do gênero *Eucalyptus* tiveram grande crescimento nos últimos anos e sua produção tem atendido a demanda de diferentes setores (indústria de celulose e papel, madeira processada e energia), pois isso se

deve a sua versatilidade em possibilidades de uso. A utilização do eucalipto para serraria ainda é pequena no Brasil, devido à exploração (muitas vezes ilegal) de madeira de espécies nativas da Amazônia, no entanto, com a grande exigência do mercado consumidor, visando à produção sustentável, manutenção de florestas, e o consumo de produtos florestais de forma procedente e legal, tem aumentado.

Os plantios de Eucalipto ocupam 5,7 milhões de hectares da área de árvores plantadas no Brasil e está localizado, principalmente em Minas Gerais (24%), São Paulo (17%) e no Mato Grosso do Sul (15%). Nos últimos cinco anos, o crescimento da área de eucalipto foi de 2,4% a.a., sendo o Mato Grosso do Sul, o Estado que lidera na expansão, registrando aumento de 400 mil hectares (IBÁ, 2017).

A produtividade de madeira (média nacional de $41 \text{ m}^3 \text{ há}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, em ciclo de corte de sete anos), confere atratividade ao cultivo do eucalipto, garantindo proeminente competitividade de seus produtos, tanto no mercado interno, quanto externo (SANTAROSA et al., 2014).

Diante da sua grande relevância econômica, se torna cada vez mais importante conhecer as espécies de eucalipto, tanto no sentido de melhorar sua produção, como também diminuir as pressões sobre florestas nativas. Estudos sobre a anatomia da madeira tem papel fundamental para distinguir espécies aparentemente idênticas, compreender e prever seu comportamento e possibilitar o uso tecnológico mais adequado para cada espécie (JESUS, 2017).

3.2 Caracterização da espécie em estudo: *Eucalyptus tereticornis* Smith

O *Eucalyptus tereticornis*, bem como a grande maioria do gênero *Eucalyptus*, ocorre naturalmente na Austrália e parte da Nova Guiné. A precipitação nessas regiões tem média anual entre 500 mm e 1500 mm, com temperatura variando de 22°C e 32°C (GONTIJO, 2018)

Esta espécie tem grande resistência ao déficit hídrico, podendo atingir em torno de 20 a 50 metros de altura e seus valores de diâmetro a altura do peito (DAP), podem chegar até 2 metros. Sua madeira é utilizada para carvão, celulose, construção civil, lenha, movelaria, papel e na África em zonas tipicamente tropical é uma espécie com grande potencial para reflorestamento, devido suportar até 7 meses sem chuvas (DRUMOND et al., 2016) (Figura 2).

Figura 1 – Foto de árvores de *Eucalyptus tereticornis* Smith, gênero *Eucalyptus*.



Fonte: O autor, 2021.

A rotação da espécie depende da finalidade da madeira, se for para carvão, celulose ou lenha, a rotação é de 7 a 9 anos, já para serraria ou movelaria pode ultrapassar 20 anos (GONÇALVES, 2015).

A casca do *Eucalyptus tereticornis*, tem a característica de soltar ao longo do tronco em placas ou pedaços menores, que deixam a superfície lisa e granular. Com relação à madeira, o câmbio é amarelado, e a densidade básica em áreas de ocorrência natural é cerca de 1200 kg/m³ e em plantio comerciais varia de 600 a 700 kg/m³ (BROOKE et al., 2004).

3.3 Tensões de crescimento

São uma das grandes responsáveis, por defeitos que ocorrem na madeira de eucalipto, durante todas as fases de processamento. Esses defeitos implicam diretamente na perda de rendimento e na desmotivação do uso de eucalipto como madeira serrada (CALONEGO; SEVERO, 2005).

Tais tensões podem ser definidas, como forças que são encontradas nos troncos lenhosos verdes. Estas tensões são características do crescimento natural das árvores e ocorrem tanto em folhosas como em coníferas (CRESPO et al., 2001).

A função destas tensões é propiciar suporte à árvore durante sua vida. Como as árvores são imóveis, a ação das tensões em um de seus lados, é permitir que ela se curvasse numa direção favorável à mesma, contudo árvores de grande diâmetro requerem vários anos para, lentamente, se endireitar (TRUGILHO et al., 2002).

O eucalipto é uma madeira comercial, onde as tensões de crescimento geradas pela formação das células novas do xilema podem apresentar valores excessivamente altos. Os níveis elevados de tensões de crescimento causam rachaduras nas toras, distorção de pranchas retiradas destas toras e rachaduras internas (CALONEGO; SEVERO, 2005).

As tensões ocorrem na árvore, antes de sua derrubada, conferindo estabilidade à mesma. Estas estão em equilíbrio, enquanto a árvore está de pé, após seu corte, imediatamente ocorrem deformações, nos topos das toras, em função da modificação do estado de equilíbrio que vigora durante o desenvolvimento (TRUGILHO; OLIVEIRA, 2008).

3.4 Origens das tensões de crescimento

As tensões têm sua origem no tronco das árvores, mais precisamente na região do câmbio. São geradas na madeira, após a consecutiva deposição de novas camadas de células durante o crescimento da planta. A tendência dessas novas células é contraírem-se longitudinalmente e simultaneamente expandirem-se lateralmente. Os desenvolvimentos das recentes camadas de células ao tronco geram tensões externas (tração), onde estas estão distribuídas pelo tronco da árvore, pois, isso se deve as sucessivas deposições de camadas (MALAN, 1995).

As razões não são bem conhecidas, todavia, há suspeita que estão relacionadas com os fatores genéticos, idade, tamanho da tora, taxa de crescimento e inclinação do fuste (DE LIMA et al., 2007).

Essas tensões aumentam, durante o crescimento inicial das árvores, que depois de abatidas, são liberadas, podendo ser visualizadas na seção axial do tronco recém-abatido. Por exemplo, durante o processo de desdobro da madeira em serrarias, também ocorre liberação de tensões, as quais devido à intensidade podem

comprometer o rendimento do produto final, pois, madeiras com menor densidade mais jovens e em espécies de rápido crescimento, os defeitos causados pela liberação das tensões de crescimento são mais drásticos (LATORRACA; ALBUQUERQUE, 2000).

3.5 Consequências das tensões de crescimento

Durante o desenvolvimento das árvores, as mesmas desenvolvem a tensão de crescimento. Este fenômeno apresenta intensidade inferior em gimnosperma, porém, em angiospermas chegam a valores altos. O gênero *Eucalyptus* é um exemplo de madeira comercial, que apresenta esta característica, conseqüentemente altos níveis de tensão de crescimento provocam três principais defeitos: cerne quebradiço, rachaduras nas toras e empenamento das peças serradas (CRESPO; GARCIA, 2001).

3.5.1 Cerne quebradiço

O cerne quebradiço é uma consequência desastrosa das tensões de crescimento, pois a parte periférica está sob tração, ocasionada pelo amadurecimento (encurtamento das células periféricas), gerando uma compressão na parte interna. Com o desenvolvimento das árvores, ocorre um aumento na força de compressão, e tal força excede a resistência à compressão da madeira, causando diversas falhas de compressão que no conjunto dão origem ao cerne quebradiço (MALAN, 1995).

De acordo com Malan (1995), a presença desse defeito tem resultado bastante significativo no rendimento e na qualidade do produto final desejado, pois a madeira quebradiça é pouco atrativa e possui pouca resistência. Pranchas serradas que apresentam esse defeito geralmente saem da máquina de serrar fraturadas, devido a não capacidade de suportar choques causados, pelas opções de desdobro por exemplo.

Estudos realizados por Chafe (1979), demonstraram que o diâmetro da árvore tem grande influência na formação do cerne quebradiço, pois, quanto maior o

diâmetro, maior serão as forças de compressão que estão localizadas na parte central, ocasionando tal defeito.

3.5.2 Rachaduras de extremidades de toras

Espécies de eucaliptos apresentam características de rachar nas extremidades das toras, obtidas do seccionamento de fustes. As rachaduras provenientes das tensões de crescimento são elevadas nesse gênero, sendo uma das principais limitações do processo de conversão de toras em madeira serrada (CRESPO et al., 2001).

De acordo com Garcia (1995), algumas espécies de eucaliptos, por exemplo, o *E. grandis*, apresenta algumas características que podem dificultar seu aproveitamento, devido a utilização de madeiras, originadas de florestas não manejadas corretamente. Entretanto, essa espécie pode apresentar rachaduras de topo de tora, que reduzem o aproveitamento da madeira, as quais são devidas às tensões de crescimento, normalmente elevadas no eucalipto.

A seção transversal de uma árvore recém-cortada tem seu diâmetro aumentado devido às elevadas tensões. Esse aumento de diâmetro, quase sempre está acompanhado por rachaduras de extremidades, as quais têm sido propostas como indicadores de seleção de árvores para serraria, pela importância que desempenham. Grandes partes das rachaduras de topo de tora acontecem, durante uma semana após o corte da árvore. Essas rachaduras ocorrem principalmente em espécies de eucalipto, com rápido crescimento, causando perdas de mais de 50% de seu rendimento (GARCIA, 1995).

Segundo Lima et al. (2002), rachadura em topo de tora pode ser um precursor importante e útil na seleção de árvores de eucalipto, para uso em serraria, podendo culminar na seleção de indivíduos, com baixa intensidade de rachaduras de extremidades de peças serradas.

3.5.3 Empenamento

Em 1928, Martley foi o primeiro pesquisador a analisar que duas metades de uma tora, dobravam de tal forma a deixar longitudinalmente, uma superfície curva na face serrada. Supondo desta forma, a existência de um gradiente de compressão,

que vai do centro até um valor zero na periferia. Portanto, cálculos associados a dados reais de diferentes espécies, convenceram-no que as tensões devidas ao peso da própria árvore, não seriam suficientes, para causar influência na dimensão longitudinal de madeira serrada (CRESPO; GARCIA, 2001).

Garcia (1995) estabeleceu uma forma de quantificar de forma indireta, as variações da tensão de crescimento, utilizando o empenamento de peça serrada, para indicar um nível de tensão de crescimento que existia na árvore. Segundo o autor, tais indicadores são importantes para a seleção de árvores para serraria.

Schacht et al., (1998) relata que tanto as rachaduras, quanto os empenamentos são características herdáveis, que podem ser consideradas importantes, sendo uma forma de selecionar as árvores, para determinados fins de uso.

3.6 Métodos para medir as tensões de crescimento “extensômetro (CIRAD Fôret)” e paquímetro.

Equipamentos são utilizados para medir deformações sofridas em materiais, pelas forças exercidas. Normalmente são usados extensômetros elétricos, que determinam as deformações sofridas por tensões residuais, que são liberadas por algum motivo. O Extensômetro (CIRAD Fôret) é um equipamento de uso mecânico, que tem o objetivo de determinar as Deformações Residuais Longitudinais (DRLs) em árvores (SOUZA et al., 2003).

Para realizar a medição das tensões, de crescimento de um método não destrutivo, é utilizado o Extensômetro (CIRAD Fôret), sendo um equipamento muito utilizado para este objetivo. Este aparelho é utilizado para determinar indiretamente as tensões longitudinais de crescimento de árvores vivas. O aparelho em questão mede a deformação gerada, devido à tração das fibras, quando as mesmas são liberadas por uma fenda na parte central, entre dois pontos a 45 mm de distância entre eles. Tal deformação é registrada em um relógio digital que é medido em mm (GONÇALVES, 2009).

De acordo com Lima et al. (2004), este aparelho é normalmente utilizado para medir as DRL associadas as tensões de crescimento de árvores em pé, sendo fixados os pinos na direção da grã, com o intuito de fixar o aparelho de medição (relógio comparador digital).

Para medição de DRL em árvores, o extensômetro é uma ferramenta fácil de ser empregado, com processo de medição rápida, fácil manuseio, produzindo leitura confiável. Se comparado com outros métodos de medição, pode ser considerado pouco invasivo, com alterações mínimas nas estruturas da madeira (SÁNCHEZ, 2017).

Algumas pesquisas empregaram o Extensômetro (CIRAD Fôret) para determinar as deformações residuais longitudinais associadas às tensões de crescimento (DRL) em árvores em pé, assim, a literatura mostra valores encontrados de DRL variando de 0,071 a 0,090 mm, em árvores do gênero *Eucalyptus* (SOUZA et al., 2003). Já para *Corymbia citriodora* os valores de DRL variaram de 0,099 até 0,129 mm (CARVALHO et al., 2010).

Atualmente não se tem trabalhos na literatura que fizeram o uso do paquímetro para medir as tensões.

4. MATERIAS E MÉTODOS

4.1 Descrição da área de estudo

A área de estudo encontra-se em um plantio de *Eucalyptus* spp. na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no município de Dois Vizinhos-PR, sob as coordenadas 25° 41' 30" S e 53° 06' 04" W, com altitude variando entre 475 a 510 metros (GORENSTEIN et al., 2010), sendo que o plantio se localiza próximo ao centro esportivo da universidade (Figura 1).

Figura 2 - Localização do município de Dois Vizinhos, no mapa do estado do Paraná.



Fonte: Portal Dois Vizinhos, 2021.

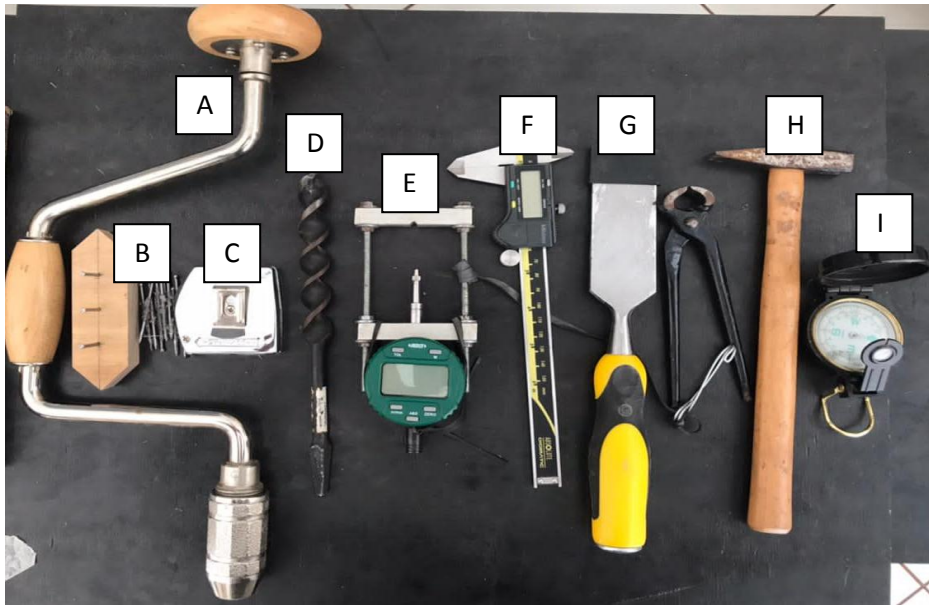
Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é o Cfa, subtropical úmido, mesotérmico, nos meses de inverno, predominam temperaturas a baixo de 18°C e nos meses mais quentes a temperatura é acima de 22°C. A região não apresenta épocas de secas, porém o verão é caracterizado com altas temperaturas. Com relação as precipitações a média anual do município é de 1800 a 2000 mm, sendo distribuídas ao longo do ano, com umidade relativa do ar variando de 64% a 74%. O solo predominante é o latossolo roxo de textura argilosa (GORENSTEIN et al., 2010).

4.2 Obtenção dos dados de Deformação Residual Longitudinal (DRL)

Para a realização deste trabalho foram selecionadas 3 árvores de diâmetros 26,41 cm, 25,46 cm e 22,28 cm, respectivamente para as árvores 1, 2 e 3, todas com idade entorno de 17 anos, sendo as medições de deformação residual longitudinal realizadas nas árvores em pé. Depois de selecionado estas, realizamos a verificação do sentido norte, sul, leste e oeste com o auxílio de uma bússola, pois, foram realizados os testes nas quatro posições de cada árvore conforme orientação do fabricante do aparelho. Feito este processo, demarcamos uma altura de 80 e 1,60 cm do solo até o ponto da árvore, em seguida retiramos a casca com um

formão e um martelo, abrindo uma espécie de janela no tronco para que coubesse o aparelho extensômetro nesta abertura. Todos os equipamentos utilizados durante o processo de aferição estão destacados na Figura 3A a 3I.

Figura 3 - Equipamentos utilizados para aferição da deformação residual longitudinal das árvores selecionadas.



Legenda: A= arco de pua; B= gabarito; C= trena métrica; D= broca; E= aparelho extensômetro; F= paquímetro; G= formão; H= martelo; I= bussola.

Fonte: O autor, 2021.

Em seguida com o auxílio de um gabarito (Figura 4B), foi introduzido em cada uma dessas “janelas” dois pregos na direção da grã, distantes entre si 45 mm para a fixação do aparelho de medição dotado de um mostrador digital, porém antes de utilizar o aparelho foi medido com o paquímetro a distância de um prego a outro antes de realizar a liberação das tensões.

Figura 4 - Gabarito e os pregos já fixados que auxiliaram na fixação do aparelho extensômetro nas árvores.

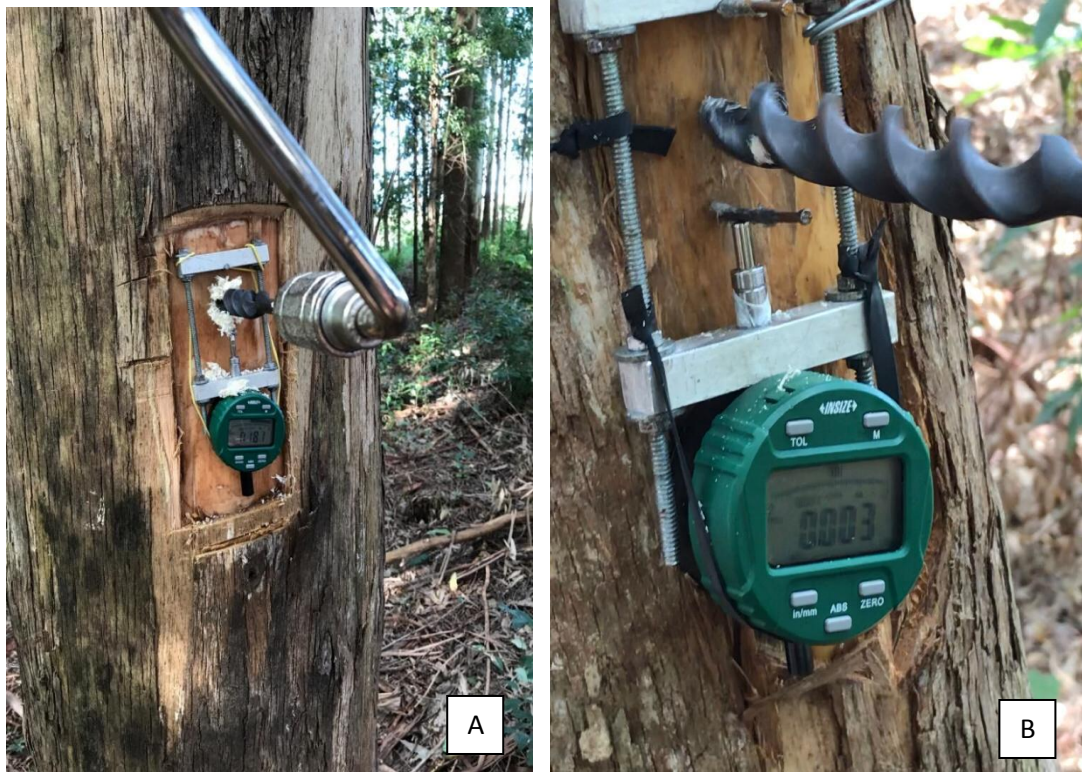


Legenda: A = gabarito utilizado para introdução dos pregos; B = Pregos introduzidos na distância de 45 mm entre si para fixação do aparelho de medição.

Fonte: O autor, 2021.

O aparelho foi colocado na árvore e após a calibração deste, com o auxílio de um arco de pua foi realizado um furo de 20 mm de diâmetro, na posição mediana entre os pinos (Figura 5A). A deformação era registrada em mm no relógio digital do aparelho, sendo anotados todos os valores em uma prancheta de campo. Após esta medição com o aparelho mediamos novamente à distância de um prego a outro com o paquímetro para posterior comparação.

Figura 5 - Aparelho e coleta das deformações residuais longitudinais.



Legenda: A = aparelho calibrado inserido na árvore, e arco de pua, que auxiliou a realização do furo; B = registro da deformação em mm no relógio digital do aparelho.

Fonte: O autor, 2021.

Este procedimento foi realizado nos três indivíduos selecionado e nas duas alturas (Figura 6), tais medições foram feitas na ausência de ventos, uma vez que o movimento da árvore faz com que as forças que sustentam a mesma oscilem dentro do tronco, alterando o valor registrado no aparelho extensômetro e no paquímetro.

Figura 6 - Duas alturas que foram coletados os dados das deformações residuais longitudinais.



Fonte: O autor, 2021.

Após a coleta de todos os dados obtidos, estes foram colocados na fórmula de tensão de crescimento longitudinal, para que possam ser analisados e comparados.

A tensão de crescimento é calculada pela fórmula:

$$TCL = \frac{MOE \times DRL}{45}$$

Onde: TCL: é a estimativa de tensão de crescimento longitudinal (Kgf/cm²).

MOE: é o módulo de elasticidade para ensaio de flexão estática (Kgf/cm²).

DRL: é a deformação residual longitudinal (mm).

45: é a distância entre os dois pinos onde ocorre a deformação (mm).

O módulo de elasticidade para ensaio de flexão estática (MOE) vai ser o de 9187,82 Kgf/cm², obtido em artigo para a espécie *Eucalyptus tereticornis* Smith (Schulz et al., 2019)

4.4 Análise estatística

Para a comparação entre as medições realizadas por meio do extensômetro e do paquímetro, foi aplicada a análise de variância (ANOVA), onde foram consideradas as árvores individualmente nas duas alturas de (80 e 160 cm) e a orientação “norte, sul, leste e oeste” serviu como repetição. As análises foram realizadas com o *software* RBIO (BHERING, 2017).

Anteriormente a ANOVA, foi realizado o teste de normalidade dos dados e verificou-se a necessidade de transformação por $\log x+1$ para a árvore 1 na altura de 80 cm de DAP e por Box-Cox para a árvore 3 na altura de 160 cm.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Deformação residual longitudinal (DRL)

Os valores médios de deformação residual longitudinal (DRL) mensurada através do paquímetro, para as 3 árvores de *E. tereticornis Smith*, foram de -0.033 mm para altura de 80 cm e de 0,04 mm para altura de 160 cm (Tabela 1). A árvore 1 demonstrou o maior valor médio de DRL, sendo o menor valor da árvore 2, na altura de 80 cm. Enquanto que na altura de 160 cm, a árvore 3 se destaca com o maior valor médio de DRL, e a árvore 2 também com o menor valor.

Tabela 1 – Valores obtidos por meio da medição de deformação residual longitudinal (DRL - mm), nas orientações norte, sul, leste e oeste, com a média, desvio padrão e coeficiente de variação nas três árvores de *Eucalyptus tereticornis smith*. avaliadas nas alturas de 80 e 160 centímetros medidas com auxílio de paquímetro.

Paquímetro							
80 cm							
Árvore	Norte	Sul	Leste	Oeste	Média	D. Padrão	C. V.%
1	0,00	0,53	-0,02	-0,09	0,11	0,29	272
2	-0,08	-0,31	-0,06	-0,11	-0,14	0,12	-82
3	-0,04	-0,19	0,00	-0,04	-0,07	0,08	-124
160 cm							
1	-0,04	0,01	0,13	-0,10	0,00	0,10	0,00
2	-0,25	-0,10	-0,23	0,39	-0,05	0,30	-630
3	0,10	-0,03	0,41	0,02	0,13	0,20	158

C.V= coeficiente de variação; D. padrão= desvio padrão;

As medidas de DRL em todas as orientações cardiais do lenho da árvore, apresentaram no mínimo um valor negativo, o que demonstra que essas porções do lenho estão sofrendo tensões compressivas. Ao considerar os valores do diâmetro a altura do peito (DAP – altura de 130 cm) das árvores, quanto maior o valor de DAP maior o valor encontrado pra DRL (ABREU JÚNIOR et al., 2017), e consequentemente menor a tensão de compressão (BELTRAME, 2010). Fato que não se aplica a todas as medições de DRL com o paquímetro, já que a árvore 3 que possui menor DAP (22,28 cm), na altura de 160 cm, possui o maior valor médio de DRL. Bem como alguns dos valores de DRL negativos, apresentados para a árvore 1, que possui o maior DAP (26,41 cm). Através dessa análise, é possível afirmar que

a árvore 1 deveria ter a menor tensão, resultado que não é verificado com as medições através do paquímetro.

Os valores médios de deformação residual longitudinal (DRL) mensurada através do extensômetro foram de 0,103 mm em 80 cm de altura, e 0,100 mm para 160 cm de altura (Tabela 2). Tendo a árvore 2 maior valor de DRL, quando medida com o extensômetro, tanto nos 80 cm quanto nos 160 cm. O que é totalmente diferente quando medida com o paquímetro, pois nele os valores de DRL da árvore 2 são negativos.

Tabela 2 – Valores obtidos por meio da medição da deformação residual longitudinal (mm), nas orientações norte, sul, leste e oeste, com a média, desvio padrão e coeficiente de variação nas três árvores de *Eucalyptus tereticornis smith*. avaliadas nas alturas de 80 e 160 centímetros medidas com auxílio de extensômetro.

Extensômetro							
80 cm							
Árvore	Norte	Sul	Leste	Oeste	Média	D. Padrão	C. V.%
1	0,09	0,09	0,03	0,09	0,07	0,03	39
2	0,19	0,14	0,14	0,16	0,16	0,03	17
3	0,07	0,07	0,07	0,11	0,08	0,02	27
160 cm							
1	0,09	0,05	0,01	0,09	0,06	0,04	64
2	0,12	0,22	0,13	0,16	0,16	0,04	28
3	0,02	0,08	0,10	0,14	0,08	0,05	61

C.V= coeficiente de variação; D. padrão= desvio padrão;

Ocorreu grande variação dos valores de deformação residual longitudinal (DRL) entre as árvores avaliadas de acordo com os resultados do paquímetro, o que reforça a eficiência do extensômetro. A árvore 1 apresentou menores valores de deformação, e conseqüentemente menores níveis de tensões de crescimento longitudinal (TCL), indicando assim que a baixa probabilidade de ocorrer rachaduras, empenamentos das peças (LIMA et al., 2004), cerne quebradiço e fendas nas extremidades da tora (GARCIA et al., 2001). Eucaliptos com DRL e TCL altos são uma opção quando se trata da implantação em áreas muito inclinadas, com predisposição a ventos fortes, já que elas têm maior estabilidade (BELTRAME, 2012).

Os valores de deformação residual longitudinal (DRL) encontrados nesse estudo estão de acordo com os verificados na literatura, quando realizado um estudo literário da DRL para o gênero. Trugilho (2002) para 11 clones de *Eucalyptus spp.*

com 6 anos de idade obteve o valor médio de 0,090 mm de DRL, resultado semelhante ao estudo de De Souza (2002), que também encontrou o valor médio de 0,090 mm de DRL para clones híbridos de *Eucalyptus* com 6 anos. Carvalho et al. (2010), encontrou valores médios de 0,106 mm para *Corymbia citriodora* e 0,092 mm para *Eucalyptus urophylla*, ambas espécies com 15 anos. Estudos mais recentes demonstram valores de DRL superiores aos considerados normais para o gênero, como o de Beltrame et al. (2012) para *Eucalyptus* spp. com 9 anos de idade (0,111 mm), e Vidaurre et al. (2015), para *Eucalyptus benthamii* aos 5 anos de idade (0,141 mm).

Uma hipótese possível para a variação dos valores de DRL, é que eles se alteram conforme as condições ambientais, como demonstrado por Melo (2004) e Braz et al. (2017). Em seus trabalhos com o gênero *Eucalyptus*, os autores constatam que a variação nos valores médios de DRL é refletida em áreas susceptíveis a ação vento e tempestades. Burguer e Richter (1991) afirmam que em locais de alta insolação, onde as árvores têm crescimento desigual de copa, pode ocorrer variação da DRL. Outra explicação da variação da DRL se dá devido os fatores internos da madeira, em função das suas propriedades físicas e químicas (RODRIGUES et al., 2008).

5.6 Tensão de crescimento longitudinal

Os dados obtidos para a variável tensão de crescimento longitudinal (TCL), através da deformação residual longitudinal medida com auxílio de paquímetro e extensômetro estão representadas nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3 – Valores obtidos por meio da medição da tensão de crescimento longitudinal (TCL - kgf cm^{-2}), nas orientações norte, sul, leste e oeste, com a média, desvio padrão e coeficiente de variação nas três árvores de *Eucalyptus tereticornis smith*. avaliadas nas alturas de 80 e 160 centímetros medidas com auxílio de paquímetro.

Paquímetro							
80 cm							
Árvore	Norte	Sul	Leste	Oeste	Média	D. Padrão	C. V. %
1	0,00	108,21	-4,08	-18,38	21,44	58,38	272
2	-16,33	-63,29	-12,25	-22,46	-28,58	23,52	-82
3	-8,17	-38,79	0,00	-8,17	-13,78	17,11	-1,24
160 cm							
1	-8,17	2,04	26,54	-20,42	0,00	19,94	0,00
2	-51,04	-20,42	-46,96	79,63	-9,70	61,08	-630

3	20,42	-6,13	83,71	4,08	25,52	40,30	158
---	-------	-------	-------	------	-------	-------	-----

C.V= coeficiente de variação; D. padrão= desvio padrão;

Tabela 4 – Valores obtidos por meio da medição da tensão de crescimento longitudinal (TCL - kgf cm^{-2}), nas orientações norte, sul, leste e oeste, com a média, desvio padrão e coeficiente de variação nas três árvores de *Eucalyptus tereticornis smith*. avaliadas nas alturas de 80 e 160 centímetros medidas com auxílio de extensômetro.

Extensômetro							
80 cm							
Árvore	Norte	Sul	Leste	Oeste	Média	D. Padrão	C. V.%
1	18,17	17,56	6,13	17,35	14,80	5,80	39
2	39,61	27,97	28,38	33,48	32,36	5,44	17
3	13,88	13,48	13,48	22,25	15,77	4,33	27
160 cm							
1	17,76	10,82	1,63	17,97	12,05	7,70	64
2	24,71	45,12	26,95	28,99	31,44	9,29	30
3	3,88	15,72	19,80	23,07	15,62	8,38	54

C.V= coeficiente de variação; D. padrão= desvio padrão;

Os dados indicam que houve diferença nos valores avaliados, pois ao utilizar o paquímetro como equipamento de medição e adequar o valor encontrado para a deformação residual longitudinal (mm) (DRL), os valores são muito discrepantes dos encontrados quando utilizado o extensômetro. Da mesma forma, os dados obtidos com paquímetro apontam alto valor de desvio padrão nas medidas obtidas, indicando que os valores não são homogêneos. Uma possível explicação para essa situação de discrepância entre as aferições, é a quantidade de árvores que foram amostradas (3 árvores), a qual diminui a qualidade dos dados, não demonstrando assim resultados tão precisos por possuir maior erro experimental.

Beltrame et al. (2015) ao estimarem a tensão de crescimento longitudinal (TCL) para clones *Eucalyptus* spp., constataram que clones com baixos níveis de TCL, podem ser utilizados para produção de madeira serrada, já que possuem menores tensões. Esses clones que possuem menores tensões de crescimento, de acordo com Schacht et al. (1998), podem ser utilizados em programas de melhoramento genético, tendo em vista que é uma característica gênica herdável.

As diferenças estatísticas da tensão de crescimento longitudinal (TCL) nos pontos cardeais de orientação desse estudo, podem estar relacionadas a competição por fatores, como por exemplo a luz (LIMA et al., 2004). Assim como a estabilidade dos indivíduos arbóreos, onde árvores maiores possuem menores

níveis de tensões (DA SILVA et al., 2017). O fator genético, entre espécies e entre indivíduos da mesma espécie, também está atrelado os diferentes níveis de tensões de crescimento (LIMA et al., 2004).

Desbastes em altas intensidades formam grandes clareiras, as quais induzem a orientação das copas das árvores na busca de luz (BRAZ et al., 2016), sendo necessário desbastes menos severos para que os níveis de tensões de crescimento existentes sejam reduzidos (LIMA et al., 2000). Todavia, deve-se levar em consideração que a realização de desbaste é imprescindível nos plantios florestais, pois auxilia no crescimento em diâmetro, o que supostamente acarreta na redução das tensões de crescimento ao longo do tronco (MIRANDA; NAHUZ, 1999). A árvore 2 que demonstrou o valor mais alto de tensões, tanto em 80 cm quanto 160 cm (32,36 e 31,44 kgf cm⁻²), pode estar localizada próxima a uma clareira a qual conduziu seu crescimento, e assim, aumentou suas tensões, o contrário ocorre para a árvore 1, que demonstrou estar localizada em um ponto onde não sofria muitas competições por luz.

Ao comparar o aparelho extensômetro (CIRAD Fôret) com o paquímetro para medir as tensões de crescimento em duas alturas de DAP, através da análise de variância (ANOVA), observa-se que para a altura de DAP de 80 centímetros, os resultados obtidos indicam que não houve diferença significativa para a árvore 1 (Tabela 3). Não ocorreu diferença significativa para nenhuma das árvores em que a avaliação foi realizada a 160 centímetros de DAP, conforme a Tabela 4.

Tabela 5 – Análise de variância para a variável tensão de crescimento longitudinal (TCL - kgf cm⁻²) nas três árvores de *Eucalyptus tereticornis* Smith avaliada na altura de 80 centímetros.

C. variação	GL	QM		
		Árv. 1	Árv. 2	Árv. 3
Tratamentos	1	88,0	7428,0*	1747*
Erro	6	1721,0	291,0	155,7
M. geral		18,12	1,89	0,995
C.V. (%)		228,95	903,67	1254,19

*Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. ^{ns}Não significativo. GL= graus de liberdade; QM= quadrado médio.

Tabela 6 – Análise de variância para a variável tensão de crescimento longitudinal (TCL - kgf cm⁻²) nas três árvores de *Eucalyptus sp.* Avaliada na altura de 160 centímetros.

C. variação	GL	QM		
		Árv. 1	Árv. 2	Árv. 3
Tratamentos	1	290,3	3385,0	196,1

Erro	6	228,3	1908,0	847,4
M. geral		6,02	10,87	20,57
C.V. (%)		250,96	401,80	141,53

*Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. ^{ns}Não significativo. GL= graus de liberdade; QM= quadrado médio.

Por meio da análise de variância observa-se que os coeficientes de variação são extremamente altos o que pode justificar os resultados não significativos obtidos e com alta variabilidade. Como citado anteriormente, a alta variação dos dados, os quais demonstram baixa exatidão, pode estar atrelada ao baixo número de unidades amostrais (3 árvores). Contudo, este estudo servirá como embasamento para posteriores estudos das tensões de crescimento em árvores vivas de *E. tereticornis*.

Apesar dos coeficientes de variação estarem altos, houve diferença significativa nas árvores 2 e 3 em que a medida foi realizada a 80 cm de altura, com auxílio de paquímetro e extensômetro (Tabela 5).

Tabela 7 – Tensão de crescimento longitudinal (TCL - kgf cm⁻²) nas três árvores de *Eucalyptus tereticornis smith* avaliadas nas alturas de 80 e 160 centímetros medidas com auxílio de paquímetro e extensômetro.

Equipamento	Árv. 1	Árv. 2	Árv. 3
	80 cm		
Paquímetro (80 cm)	21,44 ^{ns}	-28,58 b*	-13,78 b
Extensômetro (160 cm)	14,80	32,36 a	15,77 a
160 cm			
Paquímetro (80 cm)	0,00 ^{ns}	-9,70 ^{ns}	25,52 ^{ns}
Extensômetro (160 cm)	12,05	31,44	15,62

*Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. ^{ns}Não significativo

Os resultados demonstram que o uso do paquímetro apresentou valores negativos e significativamente diferentes ao uso do extensômetro, esse resultado pode ocorrer em virtude da precisão do aparelho, bem como a influência do arco e dos parafusos que estavam inseridos na árvore. Outros trabalhos que avaliaram as tensões de crescimento em *Eucalyptus* spp. como o de Souza (2006), Trugilho et al. (2015) e de Zanuncio et al. (2017) demonstram que o uso do extensômetro é de grande eficiência para aferição das tensões de crescimento de árvores vivas, devido sua praticidade de manuseio e eficiência da medição.

6. CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos nesse trabalho, conclui-se que:

- O uso de paquímetro não possibilita a substituição do extensômetro em relação às alturas e número de árvores avaliadas;
- Os resultados obtidos através do paquímetro não demonstram valores precisos como os do extensômetro para medições de deformação residual longitudinal (DRL), tanto quanto para as tensões de crescimento longitudinal (TCL);
- A árvore 1 demonstrou menores valores de DRL, e menores predisposições as tensões, podendo ser utilizada em programas de melhoramento visando madeira para serraria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. Anuário estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012. Brasília: ABRAF, 2013.146 p. Disponível em: < <https://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/anuario-ABRAF13-BR.pdf>>. Acesso em 22 mai. de 2019.

ABREU JÚNIOR, A. A.; XAVIER, C. N.; SÁNCHEZ, J.; SOUZA, P. P. de; ASSIS, J. A. de; ANDRADE, A. C. de A.; LIMA, J. T. Deformações residuais longitudinais em árvores de *Corymbia citriodora* propensas à formação de lenho de tração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA, 3., 2017, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: CBCTEM, 2017, p. 8

BELTRAME, R. **Determinação das deformações residuais longitudinais decorrentes das tensões de crescimento em *Eucalyptus* spp.** 2010. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

BELTRAME, R.; HASELEIN, C. R.; SCHNEIDER, P. R.; AGUIAR, A. M. Determinação das deformações residuais longitudinais decorrentes das tensões de crescimento em *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 343-351, 2012.

BELTRAME, R.; PERES, M. L. de; LAZAROTTO, M.; GATTO, D. A.; SCHNEID, E.; HASELEIN, C. R. Tensão de crescimento e sua relação com as rachaduras de topo em toras de *Eucalyptus* spp. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 63-74, 2015.

BHERING, L.L. Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, p. 187-190, 2017.

BRAZ, R. L.; OLIVEIRA, J. T. da S.; ROSADO, A. M.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. G. L. de. Deformação Residual Longitudinal de Clones de *Eucalyptus* em Local Sujeito a Vento. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24, 2017.

BRAZ, R. L.; MATOS, J. L. M. de; ROCHA, M. P. da; PRATA, J. G. Relação entre a deformação residual longitudinal com crescimento e propriedades da madeira de espécies de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 111, p. 629-640, 2016.

BROOKER, M.I.H.; KLEINIG D.A. FIELD GUIDE to **Eucalyptus Northern Australia**. Second Edition. Bloomings Books Publishing. 180 p., 2004.

BURGUER, M. L.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel; 1991.

CALONEGO, Fred Willians; SEVERO, Elias Taylor Durgante. Efeito da vaporização de toras na redução dos defeitos associados a tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 4, p. 431-440, 2005.

CARVALHO, Alexandre Monteiro et al. Correlações da altura e diâmetro com tensões de crescimento em árvores de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla*. **Revista Árvore**, v. 34, n. 2, p. 323-331, 2010.

CRESPO, Érica de Alvarenga; GARCIA, José Nivaldo. **Tensão de crescimento e suas consequências, controláveis e não controláveis, no desdobro e secagem do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna***. 2001.

CHAFE, S. C. Growth stress in trees. Australian **Forest Research**, v. 9, n. 3, p. 203-223, 1979.

DA SILVA, J. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; FARIA, B. de F. H. de. Methods for alleviation and reduction of the effects of growth stresses in *Eucalyptus urophylla*. **Revista Árvore**, v. 41, n. 4, 2017.

DE LIMA, I. L.; NIVALDO GARCIA, J.; STAPE, J. L. Influência do desbaste e da fertilização no deslocamento da medula e rachaduras de extremidade de tora de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. **Cerne**, v. 13, n. 2, 2007.

DRUMOND, M. A. et al., **Eucalipto no Semiárido brasileira**. Embrapa semiárido, Petrolina, p. 3-42, 2016.

GARCIA, J. N. Técnicas de desdobro de eucalipto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, São Paulo, 1995. Anais. Piracicaba: **IPEF**, 1995. p.59-67

GARCIA, J. N.; CRÊSPO, E. A.; BAILLÈRES, H. Influence of log characteristics and machines performance on *Eucalyptus* board and splitting and board deflections. In: INTERNATIONAL WOOD MACHINING SEMINAR, 15., 2001, Los Angeles. **Proceedings...** Berkeley: Wood Machining Institute, 2001. p. 163-171.

GRATTAPAGLIA, D.; SEDEROFF, R. Genetic Linkage Maps of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla* Using a Pseudo-Testcross: Mapping Strategy and RAPD Markers. **Revista Genetics** 137: 1121-1137. Ago. 1994.

GONÇALVES, J.L.M. **Arquivo de aula de Viveiro Florestal**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba-SP, 2015.

GONÇALVES, S.V.B. Ferramentas para a avaliação das propriedades da madeira em Árvores vivas de *Toona ciliata* (Roemer) e aplicações no melhoramento genético [dissertação]. **Lavras: Universidade Federal de Lavras**, 2009.

GONTIJO, D. O. **Silvicultura do eucalipto: principais espécies cultivadas no Brasil e suas características**. 2018.53f. Tese (Mestrado) –Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR,2018.

GORENSTEIN, M. R.; BECHARA, F. C.; ESTEVAN, D. A.; SGARBI, A. S.; GALLO, I. C. **Estrutura e diversidade da comunidade arbórea na trilha ecológica da UTFPR, campus Dois Vizinhos através do método de quadrantes**, 2010.

Indústria Brasileira de Árvores (2017). Relatório Anual 2017. Disponível em: https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf. Acesso em: 25 de abr. de 2019.

JESUS, Daiana Souza de. **Dimensões de fibras em árvore de eucalyptus sp. com madeira de reação**. 2017.

KAZMIERCZAK, S. **Qualidade de painéis de madeira compensada fabricados com lâminas de madeira de Eucalyptus saligna, Eucalyptus dunnii e Eucalyptus urograndis**. 2012. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Estadual do Centro-Oeste – Unicentro, Irati-PR. 2012. Disponível em < http://www.unicentro.br/ppgcf/dissertacoes/sandra_kazmierczak.pdf > . Acesso: 20 mai. 2019.

LATORRACA, JV DE F.; ALBUQUERQUE, CEC de. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, v. 7, n. 1, p. 279-291, 2000.

LIMA, I. L. et al. Rachadura de extremidade de tora e suas implicações nas rachaduras da madeira serrada. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 61, p. 13-24, 2002.

LIMA, J. T. et al. Deformações residuais decorrentes de tensões de crescimento em eucaliptos e suas associações com outras propriedades. **Revista Árvore**, v.28, n.1, p.107-116, 2004.

LIMA, L. L.; GARCIA, J. N.; NOGUEIRA, M. C. S. Influência do desbaste nas tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 58, p. 111-125, 2000.

MALAN, F. S. *Eucalyptus* improvement for lumber production. **Seminário internacional de utilização da madeira de eucalipto para serraria**, v. 1, p. 1-19, 1995.

MELO, V. M. **Variação nas produtividades da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes topografias e sujeitas a tempestade**. 2004. 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

MIRANDA, M. J. A. C.; NAHUZ, M. A. R. Estudo da influência do espaçamento de plantio de *Eucalyptus saligna* Smith nos índices de rachamento após o desdobro e após a secagem. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 55, p. 107-116, 1999.

MUNERI, A.; KNIGHT, J. LEGATE, W.; PALMER, G. Relationships between surface longitudinal growth strain and tree size, wood properties and timber distortion of 4 year old plantation grown *Eucalyptus cloeziana*. In: IUFRO CONFERENCE - THE FUTURE OF EUCALYPTS FOR WOOD PRODUCTS, 2000, Launceston. **Proceedings...** Launceston, IUFRO, 2000. p. 292- 300.

PIGATO, S. M. C.; LOPES, C. R. **Caracterização silvicultural, botânica e avaliação da variabilidade genética por meio do marcador molecular RAPD em um teste de progênes de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake**. *Scientia Forestalis* n. 60, p. 135-148, dez. 2001.

Portal Dois Vizinhos. **Sobre o município mapas e localização**. Disponível em: <http://www.portaldoisvizinhos.com.br/municipio_mapas.asp>. Acesso em: 29 de mar. de 2021.

RODRIGUES, E. A. C.; ROSADO, S. C. S.; TRUGILHO, P. F.; SANTOS, A. M. L. Seleção de clones de *Eucalyptus* para as propriedades físicas da madeira avaliadas em árvores no campo. **Cerne**, v. 14, n. 2, p. 147-152, 2008.

SÁNCHEZ, J. Y. C. S. Extensometria aplicada à determinação das deformações resultantes das tensões de secagem em madeira de *corymbia citriodora*. **Universidade Federal de Lavras**, 2017.

SANTAROSA, E.; PENTEADO JUNIOR, J. F.; GOULART, ICG dos R. Cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda. **Embrapa Florestas-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2014.

SILVA, J. C.; CASTRO, V. R.; EVANGELISTA, W. V. Influência da idade na usinabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, visando uso na indústria moveleira. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 117-125, mar. 2015.

SOUZA, M. A. M. de. **Deformação Residual Longitudinal (DRL) causada pelas tensões de crescimento em clones de híbridos de *Eucalyptus***. 2002. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

SOUZA, M. A. M. de et al. Deformação residual longitudinal e sua relação com algumas características de crescimento e da madeira em clones de *Eucalyptus*. **Revista Floresta**, v. 33, n. 3, p. 275-284, 2003.

SOUZA, M. A. M. de. **Metodologias não destrutivas para avaliação das tensões de crescimento em *Eucalyptus dunnii* Maiden**. 2006. 90 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SCHACHT, L.; GARCIA, J. N.; VENCOVSKY, R. Variação genética de indicadores de tensão de crescimento em clones de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, v. 54, p. 55-68, 1998.

Schulz, Henrique Römer, Acosta, Andrey Pereira, Gallio Ezequiel, Pinto da Silva Júnior, Mário Antônio, Barbosa, Kelvin Techera, Bilhalva dos Santos, Patrícia Soares. **Avaliação de propriedades físico-mecânicas e espectroscopia no infravermelho próximo de três espécies florestais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA, 3., 2019, Altamira. **Anais...** Florianópolis: CBCTEM, 2019, p. 7

TRUGILHO, P. F. et al. Avaliação da tensão de crescimento em clones de *Eucalyptus*. **Floresta e Ambiente**, v. 9, n.1, p.38 - 44, 2002.

TRUGILHO, P. F.; OLIVERA, J. T. S. Relações e estimativas da tensão de crescimento longitudinal em *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Revista Árvore**, v. 32, n. 4, p. 723-729, 2008.

TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. da S.; LIMA, J. T.; PÁDUA, F. A. de; SOUZA, M. A. M. de. Longitudinal Residual Strain (DRL) and its relationship with the characteristics of the tree growth in *Eucalyptus* clones. **Cerne**, v. 13, n. 2, p. 130-137, 2015.

VIDAURRE, G. B.; NUTTO, L.; FRANÇA, F. J. N.; BRAZ, R. L.; WATZLAWICK, L. F.; MOULIN, J. C. Tensão de Crescimento no Lenho de *Eucalyptus benthamii* e sua Relação com Características Dendrométricas em Diferentes Espaçamentos. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 3., p. 408-415, 2015.

ZANUNCIO, A. J. V.; CARVALHO, A. G.; CARNEIRO, A. de C. O.; VALENZUELA, P.; GACITÚA, W.; LEITE, F. P.; COLODETTE, J. L. Caracterização de clones de eucalipto sujeitos a danos provocados pelo vento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 11, 2017.